

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

① BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑪ DE 3048558 A1

⑤ Int. Cl. 3:
G01B 11/24
G 01 B 9/02
G 01 M 11/02

②

⑳ Aktenzeichen:
㉔ Anmeldetag:
㉕ Offenlegungstag:

P 30 48 558.6
22. 12. 80
22. 7. 82

DE 3048558 A1

㉑ Anmelder:
Battelle-Institut e.V., 6000 Frankfurt, DE

㉒ Erfinder:
Achatz, Manfred, Dipl.-Phys. Dr., 6477 Limeshain, DE;
Schmalfuß, Harald, Dipl.-Phys. Dr., 6054 Rodgau, DE;
Segger, Günter, Dipl.-Phys. Dr., 6242 Kronberg, DE

22. 8. 82 746 558 A1

DE 3048558 A1 G01B 11/24
DE 3048558 A1 G01B 9/02
DE 3048558 A1 G01M 11/02

㉓ Verfahren und Vorrichtung zur berührungslosen Vermessung von Kontaktlinsen

E 3048558 A1

F-63.683-01/42/80

CASCH/KRI

16. Dezember 1980

5

BATTELLE - INSTITUT E.V., Frankfurt/Main

10

Patentansprüche

15

20

25

30

1. Verfahren zur berührungslosen Vermessung von harten und weichen Kontaktlinsen, insbesondere von weichen Kontaktlinsen, durch Bestimmung der Kontaktlinsentopographie, dadurch gekennzeichnet, daß die Linse mit einem kollimierten Lichtbündel senkrecht und parallel zur optischen Achse durchstrahlt wird, wobei aus dem durch die senkrechte Durchstrahlung gewonnenen Schattenbild die Außenkurve der Linse ermittelt und aus der lokalen Phasenänderung des Lichtbündels bei Durchstrahlung der Linse parallel zur optischen Achse die radiale Dickenänderung der Linse interferometrisch bestimmt wird und aus der Außenkurve und der radialen Dickenänderung die Innenkurve der Linse ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei der interferometrischen Bestimmung die Referenzwelle und/oder die Objektwelle mit Hilfe eines optischen Elements mit bekannten Daten so verändert bzw. der Meßbereich so verschoben wird, daß im Interferogramm eine auswertbare Anzahl von Interferenzstreifen vorliegt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß aus dem Interferogramm elektrische Signale gewonnen und durch Quadrierung des Wechselsignalanteils eine Verdoppelung der Anzahl der auswertbaren Streifen erzielt wird.
- 5 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Vermessung in einer Aufbewahrungsflüssigkeit für die Linse durchgeführt wird.
- 10 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Linse um den geometrischen Mittelpunkt gedreht und die Messung auf anderen Meridianen wiederholt wird.
- 15 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß aus dem Interferogramm der Linsendurchmesser sowie der Durchmesser der optischen Zone ermittelt werden.
- 20 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß aus dem Interferogramm die Brechkraft der Linse berechnet wird.
- 25 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß ein Laser als Lichtquelle verwendet wird.
- 30 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Referenzwelle abgedeckt und die Objektwelle zur normalen Abbildung bzw. zur Betrachtung im Dunkelfeld oder nach dem Phasenkontrastverfahren benutzt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß zur normalen Abbildung bzw. zur Betrachtung im Dunkelfeld oder nach dem Phasenkontrastverfahren eine weiße Lichtquelle verwendet wird.

5

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittendicke der Linse nach der Reflexions- oder Transmissionsmethode aus der durch die Scharfeinstellung einer Meßmarke ermittelten Wegänderung bestimmt wird.

10

12. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß eine Aufnahmeeinrichtung (1) für die zu vermessende Linse (2) vorgesehen ist, die im Strahlengang eines Zweistrahl-Interferometers angeordnet und in Richtung der optischen Achse der Linse sowie mindestens einer dazu senkrechten Richtung optisch durchstrahlbar ist, so daß in der Richtung der optischen Achse ein Interferogramm und in Richtung senkrecht zu der optischen Achse ein Schattenbild der Linse erzeugbar und mit Hilfe von optoelektronischen Einrichtungen auswertbar sind.

15

20

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß in den Strahlengang der Referenzwelle und/oder der Objektwelle optische Elemente mit bekannten Daten, wie Linsen oder (Vario-)Objekte zwischenschaltbar sind.

25

14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß optoelektronische Einrichtungen (9) zum Abtasten und Umwandeln des Interferogramms in ein elektrisches Signal vorgesehen sind und daß aus dem gewonnenen Signal ein Bild oder ein Teilbild des Interferogramms auf einem Sichtgerät (10) darstellbar ist.

30

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Bildaufnehmer (9) und dem Sichtgerät (10) eine Schaltung (16) zur On-line-Quadrierung des elektrischen Signals eingefügt ist.
- 5 16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß ein Rechner (11) angeschlossen ist, mit dem Sollkurven für Interferenzstreifen und Konturlinien und andere kennzeichnende Daten berechnet und auf dem Sichtgerät (10) dargestellt werden können.
- 10 17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß mit dem Rechner (11) die Blenden (20,21,22,23) und die in den Strahlungsgängen einzubringenden optischen Elemente steuerbar sind.
- 15 18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß ein Eingabegerät (18) vorhanden ist, mit dem interaktive Istwerte in den Rechner (11) eingespeist werden können.
- 20 19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß ein Speicher vorgesehen ist, in dem die Bildinformationen über die zu vermessende Linse (2), d.h. Interferogramm, Schattenbild, normales Bild, aufgenommen und dem Rechner (11) zur vollautomatischen Auswertung, gegebenenfalls einschließlich der Ergebnisausgabe (19), zugeführt werden können.
- 25 20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzeugung des Phasenkontrast- bzw. Dunkelfeldbildes der Linse (2) in den Objektstrahlengang optische Elemente einbringbar sind.
- 30

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung zur Erzeugung einer Meßmarke (26) vorgesehen ist, wobei diese Meßmarke über die zu vermessende Linse (2) in einer Beobachtungsebene abgebildet wird, und daß die Abbildungsoptik zur Scharfeinstellung des Bildes nachregulierbar ist.
22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufnahmeeinrichtung (1) für die zu vermessende Linse in Form einer Meßküvette ausgebildet ist und in Richtung der optischen Achse der Linse zwei interferometrisch parallele Platten (33,34) aus optischem Glas aufweist und in der Richtung senkrecht dazu durchstrahlbar (40,41) ist, und daß Einrichtungen (35,36,37,38) zur Zentrierung der Linse (2) auf der unteren Platte (33) vorhanden sind.
23. Vorrichtung nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßküvette für die zu vermessende Linse (2) flüssigkeitsdicht ausgeführt ist.
24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die obere Platte (34) bzw. der Deckel (39) abnehmbar ist.
25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 22 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß der untere Teil (42) der Küvette mit der unteren Platte (33) drehbar gelagert ist.
26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß zur Anpassung der Linse an den optoelektronischen Wandler ein anamorphotisches Abbildungssystem (6) vorgesehen ist.

27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzeugung des Interferogramms und des Schattenbildes der Linse eine Laserlichtquelle (5) und des normalen oder Phasenkontrastbildes eine weiße Lichtquelle (24) verwendet wird.

5

10

15

20

25

30

F-63.683-01/42/80

CASCH/KRI

16. Dezember 1980

5

BATTELLE - INSTITUT E.V., Frankfurt/Main

10

=====

Verfahren und Vorrichtung zur berührungs-
losen Vermessung von Kontaktlinsen

=====

15

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur berührungslosen Vermessung von harten und weichen Kontaktlinsen, insbesondere von weichen Kontaktlinsen, durch Bestimmung der Kontaktlinsentopographie.

20

Die optimale Anpassung weicher und harter Kontaktlinsen an das menschliche Auge erfordert sowohl die genaue Kenntnis der Cornea- als auch der Kontaktlinsentopographie, damit diejenige Kontaktlinse mit der zur individuellen Corneakrümmung am besten passenden Innenkurve ausgewählt werden kann. Außerdem muß der Verlauf der Außenkurve der Linse bekannt sein, um die Brechkraft der Linse angeben zu können.

30

Während Verfahren und Vorrichtungen zur Bestimmung der Hornhautkrümmung bereits beschrieben sind, gibt es noch keine

befriedigende Lösung für eine entsprechend genaue Vermessung der Kontaktlinsenflächen. Übliche Vermessungsmethoden wurden vor der Einführung der weichen Kontaktlinsen entwickelt; mittlerweile sind jedoch mehr als die Hälfte der produzierten Linsen weiche Kontaktlinsen. Bei Anwendung bekannter Verfahren auf weiche Kontaktlinsen resultieren Meßfehler, die größtenteils darauf zurückzuführen sind, daß die Vermessung, z.B. der Pfeilhöhe und des Scheitelbrechwertes, nicht an der in einer Aufbewahrungsflüssigkeit liegenden Linse vorgenommen werden kann und die leicht verformbare Linse außerhalb der Aufbewahrungsflüssigkeit eine exakte Vermessung nicht zuläßt. Die Messung der Linsenradien wird dagegen an der in der Aufbewahrungsflüssigkeit liegenden Linse mit Ophtalmometer berührungslos durchgeführt. Mit dieser Methode ist jedoch lediglich eine lokale Bestimmung der Krümmungen von Front- und Basiskurve in ein oder zwei Meßpunkten möglich. Eine Vermessung über einen größeren Linsenabschnitt kann hierbei nicht erfolgen; dies ist jedoch zur Erzielung eines guten Sitzes der ausgewählten Linse auf dem Auge notwendig. Hinzu kommt, daß während bisher fast ausschließlich Linsen mit rein sphärisch gekrümmten Basiskurven Verwendung fanden, die neueren Entwicklungen - parallel zur fortschreitenden Technologie der Linsenherstellung - auch Linsen mit asphärisch ausgeformten Innenkurven einschließen. Ferner werden bisher die einzelnen Meßvorgänge an verschiedenen Plätzen und mit verschiedenen Apparaturen durchgeführt.

Die Erfindung, wie sie in den Patentansprüchen 1 bis 27 gekennzeichnet ist, löst die Aufgabe, unter Vermeidung der Nachteile bekannter Methoden die Vermessung von Kontaktlinsen, insbesondere von weichen Kontaktlinsen, mit einer Meßgenauigkeit entsprechend den geltenden DIN-Vorschriften zu

ermöglichen. Im Hinblick auf die Anforderungen an ein praxisgerechtes Meßverfahren sollten sämtliche Meßvorgänge berührungslos und zentral an einem einzigen Meßplatz bzw. mit einer einzigen Apparatur durchführbar sein; bei der Krümmungsmessung sollte ferner die Linse über den gesamten Durchmesser hinaus vermessen werden können. Das Verfahren sollte gleichzeitig eine Überprüfung der Kontaktlinse auf Einhaltung der Linsenmaterialqualität ermöglichen.

- 10 Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren werden charakteristische Linsenkenngößen gemessen. Die Messungen werden in einer Aufnahmeeinrichtung für die Linse durchgeführt, die in Form einer Meßküvette ausgebildet ist. Vorzugsweise liegt die Kontaktlinse in einer Aufbewahrungsflüssigkeit entspannt
15 auf dem Küvettenboden. Erfindungsgemäß wird insbesondere die Außenkurve, d.h. die Frontkurve, sowie die radiale Dickenänderung der Linse gemessen. Zur Ermittlung der Außenkurve wird die Küvette senkrecht zu der optischen Achse der Linse, z.B. seitlich, durchstrahlt und das gewonnene Schattenbild
20 der Linse vorzugsweise vollautomatisch ausgewertet. Die Außenkurve kann aber z.B. auch auf einem Sichtgerät visuell mit einer überlagerten Referenzkurve verglichen werden.

- Die Messung der radialen Dickenänderung der Linse erfolgt
25 interferometrisch unter Durchstrahlung der Küvette in Richtung der optischen Achse der Linse. Durch Addition der mit hoher räumlicher Auflösung gemessenen lokalen Dickenänderung zu den korrespondierenden Bezugspunkten auf der Kontaktlinsen-Außenkurve erhält man direkt den Verlauf der Kontaktlinsen-
30 Innenkurve, d.h. der Basiskurve. Nach Kenntnis der Krümmungsverläufe von Außen- und Innenkurven und Bestimmung der Mittendicke der Linse aus der durch Scharfeinstellung einer

Meßmarke ermittelten Wegänderung, kann ein Schnittbild der Linse konstruiert und die Brechkraft bestimmt werden. Das Interferogramm erlaubt ferner die Berechnung des Durchmessers der optischen Zone der Linse und des Gesamtlinsendurchmessers. Außerdem ist anhand des gewonnenen Interferogramms
5 eine Aussage über eventuell vorhandene Materialfehler möglich. Dies kann auch durch eine Beobachtungseinrichtung geschehen, die in den Meßaufbau integriert ist und mit der sich eine schnelle visuelle Überprüfung der Linse auf Inho-
10 mogenitäten des optischen Materials, Kratzer, Randbearbeitungsfehler, Knoten und ähnliche Fehler durchführen läßt. Zur Sichtprüfung kommt vorzugsweise ein Fernsehsystem zum Einsatz. Die dadurch gegebene Kombination Optik/Elektronik bietet vielfältige Möglichkeiten zur Erkennbarkeit der o.a.
15 Fehler, z.B. durch Dunkelfeldbeleuchtung, elektronische Filterung und Kontrastverstärkung.

Die durch die vorliegende Erfindung erreichten Vorteile sind im wesentlichen darin zu sehen, daß sämtliche Linsenken-
20 größen derart erfaßt werden können, daß auch eine vollautomatische Durchführung des gesamten Meßablaufs möglich ist. Das Verfahren läßt sich sowohl auf weiche als auch auf harte Kontaktlinsen anwenden. Da weiche Kontaktlinsen berührungs-
los in entspanntem Zustand vermessen werden, sind Meßfehler,
25 die aus der leichten Verformbarkeit resultieren, ausgeschlossen. Ferner ist der Zeitbedarf zur Durchführung der Messungen äußerst gering.

Weitere Merkmale, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der
30 Erfindung gehen aus der folgenden Erläuterung von Einzelheiten anhand der beigelegten Abbildungen hervor.

Es zeigen in schematischer Vereinfachung

Figur 1 den erfindungsgemäßen Systemaufbau für ein optisches Interferometer mit einer geeigneten Optik zur Abbildung des Schattenbildes der Linse und zugehörige Elektronik;

Figur 2 eine geeignete Anordnung zur Dickenmessung in Reflexion;

Figur 3 eine Anordnung zur Dickenmessung in Transmission und

Figur 4 eine Meßküvette, in der die Vermessung durchgeführt werden kann.

Gemäß Figur 1 wird zur Bestimmung der Außenkurve die entspannt in einem Gefäß 1 in Flüssigkeit liegende Linse 2 von der Seite über Spiegel 3 und 4 entweder mit einem kollimierten Lichtbündel einer thermischen Lichtquelle oder einem parallelen Laserlichtbündel aus Lichtquelle 5 beleuchtet und mit einer geeigneten Abbildungsoptik über Spiegel 7 und 8 auf einem Empfänger 9, z.B. Image Disector Röhre, Videoröhre, Diodenarray oder Film, abgebildet. Durch die Ablenkung des Beleuchtungsstrahls an dem schwachen Brechungsindexsprung an der Grenzfläche Linse/Flüssigkeit erscheint die Linse 2 bei Beobachtung des direkten Schattenbildes dunkel vor hellem Hintergrund. Der Verlauf der Hell-Dunkel-Kante entspricht dem Abbild der Außenkontur der Linse entlang des zur Richtung des beleuchtenden Lichtbündels senkrecht verlaufenden Linsenmeridians. Die gebrochenen Strahlen führen zusätzlich zu einer leicht verkleinerten Abbildung der Linse; diese erscheint bei richtiger Justierung der Anordnung innerhalb

des dunklen Linsenbildes und stört die Vermessung der Außenkontur nicht. Bei geeigneter Wahl des Abbildungsmaßstabes kann die Außenkontur mit einer Genauigkeit im μm -Bereich vermessen werden. Um die Auflösung des Empfängers 9 sowie
5 sein vorgegebenes Höhen- bzw. Breitenverhältnis optimal auszunutzen, wird ein anamorphotisches Abbildungssystem 6 verwendet. Durch Einfügung einer zusätzlichen Blende kann die Linse auch in der sogenannten Dunkelfeld-Anordnung als helle Kontur auf dunklem Hintergrund abgebildet werden. Die Auswertung erfolgt visuell oder durch Vergleich mit vorgegebenen
10 Sollkurven, z.B. Masken oder elektronisch erzeugten Vergleichskurven auf einem Monitor 10. Die aufgenommene Kurve kann auch digitalisiert und in einem Rechner 11 geprüft werden.

15 Die Krümmung der Innenfläche wird erfindungsgemäß ermittelt, indem man die Dickenänderungen der Linse vom Zentrum nach außen berührungslos unter Anwendung eines interferometrischen Verfahrens mißt und die Meßergebnisse mit der über die
20 Schattenwurfmethode bestimmten Außenkurve verrechnet. Die absolute Dicke der Linse geht aus dieser Messung noch nicht hervor, ist aber auch für die Bestimmung des Krümmungsverlaufs der Innenkurve nicht erforderlich. Zur Messung der Dickenänderung wird ein Zweistrahl-Interferometer verwendet, das ent-
25 weder in Transmission oder Reflexion arbeitet. Das Meßprinzip wird ebenfalls in Figur 1 gezeigt, und zwar am Beispiel einer für eine Messung in Transmission geeigneten Mach-Zehnder-Anordnung mit Meß- und Referenzstrahlengang, erzielt durch Strahlteiler 12 und 13 sowie Umlenkspiegel 14 und 15. Die zu
30 vermessende Linse 2 liegt entspannt in der Meßküvette 1 mit Aufbewahrungslösung mit bekanntem Brechungsindex n_1 im Meß- bzw. Objektstrahlengang. Sie wird von parallelem Laserlicht

in Richtung ihrer optischen Achse durchstrahlt. Entsprechend den durch die unterschiedliche Dicke der Kontaktlinse 2 im Objektstrahlengang eingeführten optischen Wegdifferenzen ergibt sich bei Überlagerung mit der ungestörten Referenzwelle ein z.B. ringförmiges Interferenzstreifensystem, aus dem die Dickenänderung der Linse bestimmt werden kann.

Bei der Messung der Kontaktlinsen-Dickenänderung in Reflexion durchstrahlt ebenfalls ein paralleles Laserlichtbündel die mit Flüssigkeit gefüllte Küvette. Die Information über die Dickenänderung im Meßobjekt wird in diesem Fall jedoch dem Interferenzmuster entnommen, das durch Überlagerung der am Küvettenboden und des an der Küvettenabdeckplatte reflektierten Anteils der eingestrahlten Lichtwelle entsteht. Wegen des zweimaligen Linsendurchgangs des Strahls ist die Ringzahl und die damit erreichbare Genauigkeit gegenüber der Transmissionsmethode in diesem Fall verdoppelt.

Die Verwendung eines kompakten Mach-Zehnder-Interferometers wird erfindungsgemäß bevorzugt, da dieser Interferometertyp den Vorteil hat, daß im Referenzstrahlengang leicht Kompensationseingriffe zur Meßbereichserweiterung vorgenommen werden können. Z.B. bei Vorliegen einer nicht mehr auswertbaren großen Anzahl von Interferenzstreifen können die Referenzwelle und/oder die Objektwelle mit Hilfe eines optischen Elements mit bekannten Daten, wie Linsen oder Varioobjektiven, die in Figur 1 in mit gestrichelten Linien angedeuteten Referenzebenen anbringbar sind, so verändert bzw. der Meßbereich so verschoben werden, daß im Interferogramm eine auswertbare Anzahl von Interferenzstreifen vorliegt. Die Welle kann auch bis Streifenzahl 0 verändert und aus den bekannten Daten des hierfür benutzten optischen Elements die Daten der

Linse ermittelt werden. Sollte im Interferogramm keine genügende Anzahl von auswertbaren Streifen vorhanden sein, so werden erfindungsgemäß durch Quadrierung des Wechselsignalsanteils der aus dem Interferogramm gewonnenen elektrischen Signale mittels Quadrierer 16 die Nulldurchgänge kenntlich gemacht und so die Zahl der auswertbaren Streifen verdoppelt sowie die Ortsauflösung erhöht.

Die zur Interferenz zu bringenden Lichtwellenfronten werden über eine Optik 17 abgebildet und mit dem ortsauflösenden Detektorsystem 9, z.B. einer Fernsehkamera, abgetastet. Der bewegliche Spiegel 8 wird dazu aus dem Strahlengang entfernt. Soll die Auswertung visuell vorgenommen werden, empfiehlt sich die vergrößerte Darstellung der Strukturen auf dem Sichtgerät 10. Im Falle einer vollautomatischen Auswertung werden die Bildinformationen, d.h. Interferogramm, Schattenbild und gegebenenfalls normales Bild, von einem Speicher aufgenommen und einem Rechner 11 zugeführt. Der Rechner 11 und das Bildaufnahmesystem 9 sind miteinander synchronisiert. Daher können bei der visuellen Auswertung auf dem Sichtgerät 10 gleichzeitig sowohl die Istbilder als auch die Sollbilder dargestellt und miteinander verglichen werden. Über ein Eingabegerät 18 können darüberhinaus am Monitor 10 manuell Meßpunkte ermittelt und an den Rechner 11 übergeben werden. Diese Daten werden interaktiv vom Auswertprogramm berücksichtigt. Zur vollautomatischen Auswertung wird das analoge Signal des Bildaufnahmesystems 9 und 16 in einem schnellen Analog-Digital-Wandler digitalisiert und in einem zum Rechner 11 gehörenden Speicher abgelegt, die interessierenden Meßgrößen programmgemäß erarbeitet und über ein Datenausgabegerät 19 ausgegeben. Der Rechner 11 steuert darüberhinaus sowohl die Blenden 20, 21, 22 und 23 als auch die optischen Elemente, die gegebenenfalls in die Strahlengänge eingreifen.

Die Strahlengänge zur Bestimmung der Außenkurve und Messung der Dickenänderung zum Zwecke der Festlegung des Verlaufs der Innenkurve werden vorzugsweise in einem gemeinsamen Aufbau unter Verwendung einer einzigen Laserlichtquelle 5 realisiert. Sollten die Linsenkrümmungen längs mehrerer vorgegebener Meridianschritte erfolgen, z.B. im Fall torischer Linsenkrümmung längs der beiden Hauptschnitte, so wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, die Küvette mit drehbarem Boden auszurüsten und eine Hilfsvorrichtung zum Zentrieren der eingebrachten Kontaktlinse innerhalb dieser Küvette vorzusehen. 10 Die Krümmungsmessungen entlang der interessierenden Meridianschritte können dann nacheinander leicht ausgeführt werden.

- 15 Die Auswertung der Interferogramme basiert auf folgenden theoretischen Grundlagen:

Induziert man in der einen Welle definierte optische Weglängenunterschiede, z.B. durch Einbringen der Kontaktlinse, 20 so zeigen sich diese Wegunterschiede im überlagerten Strahl als Intensitätsmodulation, im Falle der Kontaktlinse zeigt sich ein geschlossenes Ringsystem. Dabei gilt

$$\Delta\varphi = \Delta n \cdot d_i$$

25

Hierbei ist $\Delta\varphi$ die erzeugte Phasendifferenz, wobei einer Phasendifferenz von $\lambda/2$ ein Wechsel von hell auf dunkel entspricht. Δn ist der Brechungsindexunterschied von Kontaktlinse und umgebendem Medium; d_i ist der Dickenzuwachs 30 der Kontaktlinse am Ort i in Bezug auf die Mittendicke.

Verwendet man einen Argon-Ionenlaser der Wellenlänge $\lambda = 0,514 \mu\text{m}$ als Lichtquelle und beträgt der Brechungsindex

der Kontaktlinse $n_1 = 1,41$ und der Brechungsindex der sie umgebenden Flüssigkeit $n_2 = 1,33$, so ergibt sich im Fall der Messung in Transmission für die Dickenänderung Δd der Linse vom i -ten Ring zum $(i+1)$ -ten Ring folgender Ausdruck

$$\Delta d = d_{i+1} - d_i = \frac{\lambda}{n_1 - n_2} = \frac{0,514}{0,08} = 6,42 \text{ } \mu\text{m.}$$

Wird dagegen die interferometrische Anordnung so getroffen, daß in Reflexion gemessen werden kann, so verdoppelt sich die Ringzahl, da der Meßstrahl in diesem Fall die Probe zweimal durchsetzt und es gilt

$$\Delta d = \frac{\lambda}{2(n_1 - n_2)} = \frac{0,514}{0,16} = 3,21 \text{ } \mu\text{m}$$

Durch die Interpolation zwischen den Ringen bzw. Auswertung des genauen Verlaufs der Intensitätsmodulation kann die Genauigkeit auf ein Vielfaches der o.g. Werte gesteigert werden.

Durch Auswertung des Schattenwurf-Bildes und des Interferogramms der Linse lassen sich präzise Aussagen treffen bezüglich der Krümmungen von Kontaktlinsenaußen- und Kontaktlin-sinnenkurve. Außerdem kann daraus bereits die Brechkraft der Linse experimentell ermittelt werden, und zwar aus der Anzahl der Interferenzstreifen bezogen auf deren Abstand von der Kontaktlinsenmitte. Bei bekannter Lichtwellenlänge λ , Brechungsindex n_{KL} der Kontaktlinse und des Immersionsmediums n_I , Durchmesser der optischen Zone ϕ_{opt} und Anzahl der Interferenzstreifen n läßt sich die Brechkraft BK der Linse nach der Formel

$$BK = \frac{2 \cdot n \lambda}{\phi_{opt}^2 \cdot \left(\frac{n_{KL}}{n_I} - 1 \right)}$$

bestimmen.

Aus dem Interferogramm sind Aussagen über bestimmte Materialfehlertypen möglich. Für eine weitergehende Materialqualitätsprüfung wird in der in Figur 1 dargestellten Anordnung ein normales Bild, Phasenkontrast- bzw. Dunkelfeldbild der Linse 2 erzeugt. Hierfür werden die Blenden 20, 22 und 23 geschlossen, die Blende 21 geöffnet. Die Linse 2 wird in Richtung der optischen Achse mit der von einer weißen Lichtquelle 24 ausgehenden Strahlung durchstrahlt. In der Bildebene 25 der Lichtquelle 24 werden durch Schneiden, Lichtstops und dergleichen die Eingriffe zur Erzeugung des Dunkelfeld- bzw. Phasenkontrastbildes der Linse vorgenommen.

Ist man an einem Schnittbild der Linse interessiert, entweder um z.B. daraus die Innenpfeilhöhe der Linse zu bestimmen oder die Brechkraft aus der Formgebung zu berechnen, so muß dafür zusätzlich noch die Dicke der Linse an einer einzigen Stelle gemessen werden. Als berührungslose Dickenmeßmethoden bleiben unter Berücksichtigung der durch den Anwendungsfall gegebenen Randbedingungen, wie Meßgenauigkeit, Messung der Kontaktlinse in der Aufbewahrungsflüssigkeit und Integrierbarkeit in das Gesamtmeßkonzept nur optische Verfahren übrig, und zwar prinzipiell nur die Dickenmessung in Transmission oder in Reflexion.

Zur Dickenmessung in Transmission wird ein in Figur 2 dargestellter Aufbau vorgeschlagen. Hierbei wird eine Meßmarke in einer vorher festgelegten Bildebene 27 scharf abgebildet. Bringt man nun die Kontaktlinse 2 nahe dieser Meßmarke in den Strahlengang ein, so verlängert sich der optische Weg um das Produkt aus Kontaktlinsendicke und Brechzahldifferenz zwischen Aufbewahrungsflüssigkeit und Kontaktlinsenmaterial. Das dadurch unscharf gewordene Bild der Meßmarke wird nachfokussiert. Die zu dieser Fokussierung notwendige Verschiebung

der abbildenden Linse ist proportional zur Kontaktlinsendicke. Bei der technischen Ausführungsform muß darauf geachtet werden, daß man gemessen am Gesamtdurchmesser der Kontaktlinse nur kleine Objektfelder benutzt. Diese Randbedingung gilt
5 auch für die Dickenmessung in Reflexion.

Zur Dickenmessung in Reflexion wird die in Figur 3 dargestellte Anordnung vorgeschlagen. Bei diesem Verfahren wird eine Meßmarke 26 mit einem festen Abbildungsmaßstab in eine
10 feste Ebene 28 abgebildet. Befindet sich dort eine reflektierende Fläche, so wird diese Meßmarke durch die gleiche Optik, bestehend z.B. aus Linse 29, Strahlteiler 30 und Reflektor 31, rückwärts in eine ebenfalls fest vorgegebene Bildebene 32 abgebildet. Fällt die Bildebene 28 nicht mit
15 der Reflexionsfläche zusammen, so erhält man in der Bildebene 32 nur ein mehr oder weniger unscharfes Bild. Damit läuft ein Meßvorgang nach dem folgenden Prinzip ab:
Man bewegt die gesamte Meßoptik auf die Kontaktlinse 2 zu, bis man jeweils durch Reflexion des eingespiegelten Testmarken-
20 bildes nacheinander an Außen- und Innenfläche der Linse ein scharfes Bild der Meßmarke 26 in der Bildebene 32 erhält. Die Differenz der beiden zugehörigen Positionen der Meßoptik ist proportional zur Kontaktlinsendicke. Der wirksame optische Wegunterschied entspricht hierbei dem doppelten Produkt,
25 gebildet aus geometrischer Kontaktlinsendicke und Brechungsindex des Kontaktlinsenmaterials. Da der Brechungsindex der Kontaktlinse sehr genau bekannt ist, läßt sich die lokale Dicke der Kontaktlinse an der fraglichen Stelle leicht aus der genannten Beziehung errechnen.

30

In Figur 4 wird schematisch eine Seitenansicht der Meßküvette 1 zusammen mit einem Längsschnitt gezeigt. Die wesentlichen Bauteile einer solchen Meßküvette sind die interfero-

metrisch parallelen Platten 33 und 34 aus optischem Glas.
Die Linse wird auf die untere Platte 33 gelegt und mittels
Zangen 35 zentriert. Dies erfolgt durch die Zangenbedienung
36 in Verbindung mit einer geeigneten Zangenführung 37 und
5 Welle 38. Der Deckel 39 zusammen mit der oberen Platte 34
ist vorzugsweise abnehmbar, insbesondere zur Einbringung der
zu vermessenden Linse. Dabei muß gewährleistet sein, daß die
beiden Platten 33 und 34 reproduzierbar gegeneinander gela-
gert sind. Eine solche Aufstellung wird z.B. erreicht bei
10 genauer Lagerung des Deckels 39 durch die kinematische An-
ordnung von 6 Kontaktpunkten. Die Küvette ist ferner zur
Durchstrahlung in horizontaler Richtung mit zwei gegenüber-
liegenden Fenstern 40 und 41 versehen. Der untere Teil 42
der Küvette ist drehbar gelagert, um eine Wiederholung der
15 Messungen an anderen Meridianen zu ermöglichen.

20

25

30

-10-

Leerseite

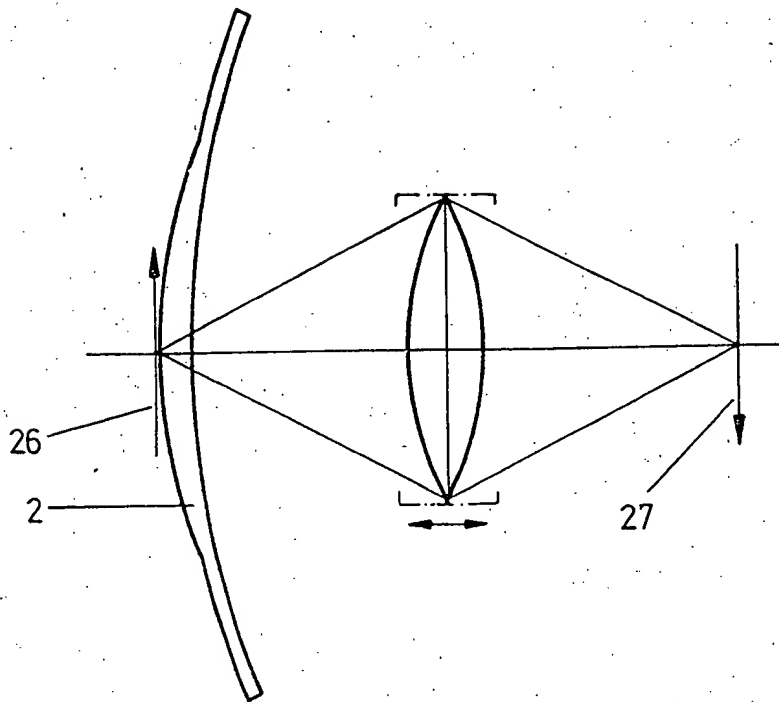
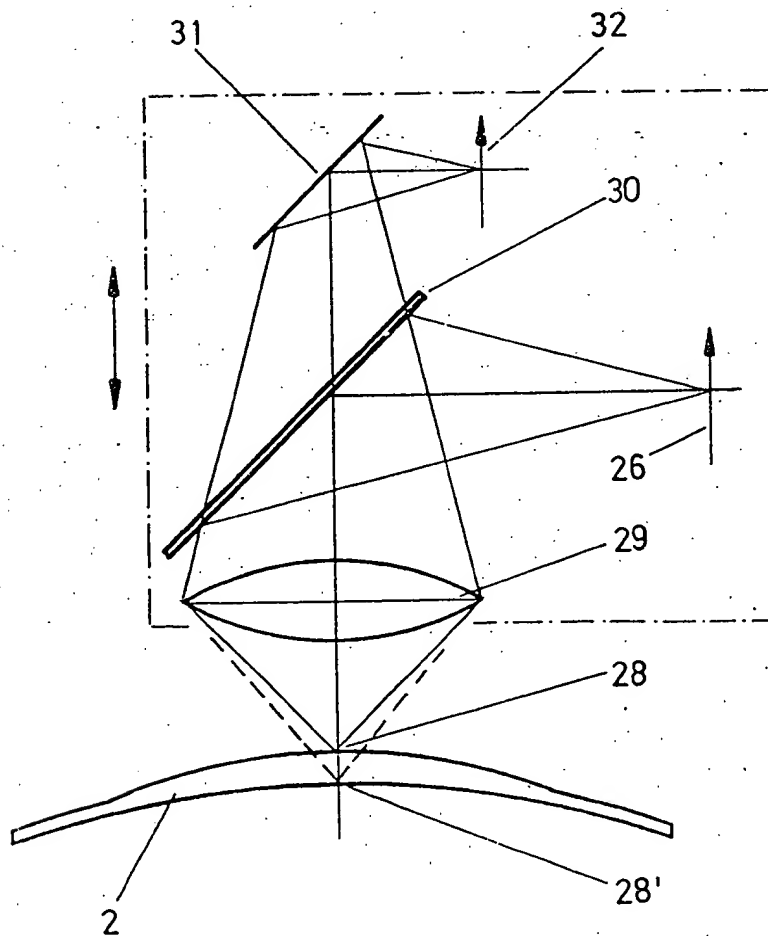


Fig. 2



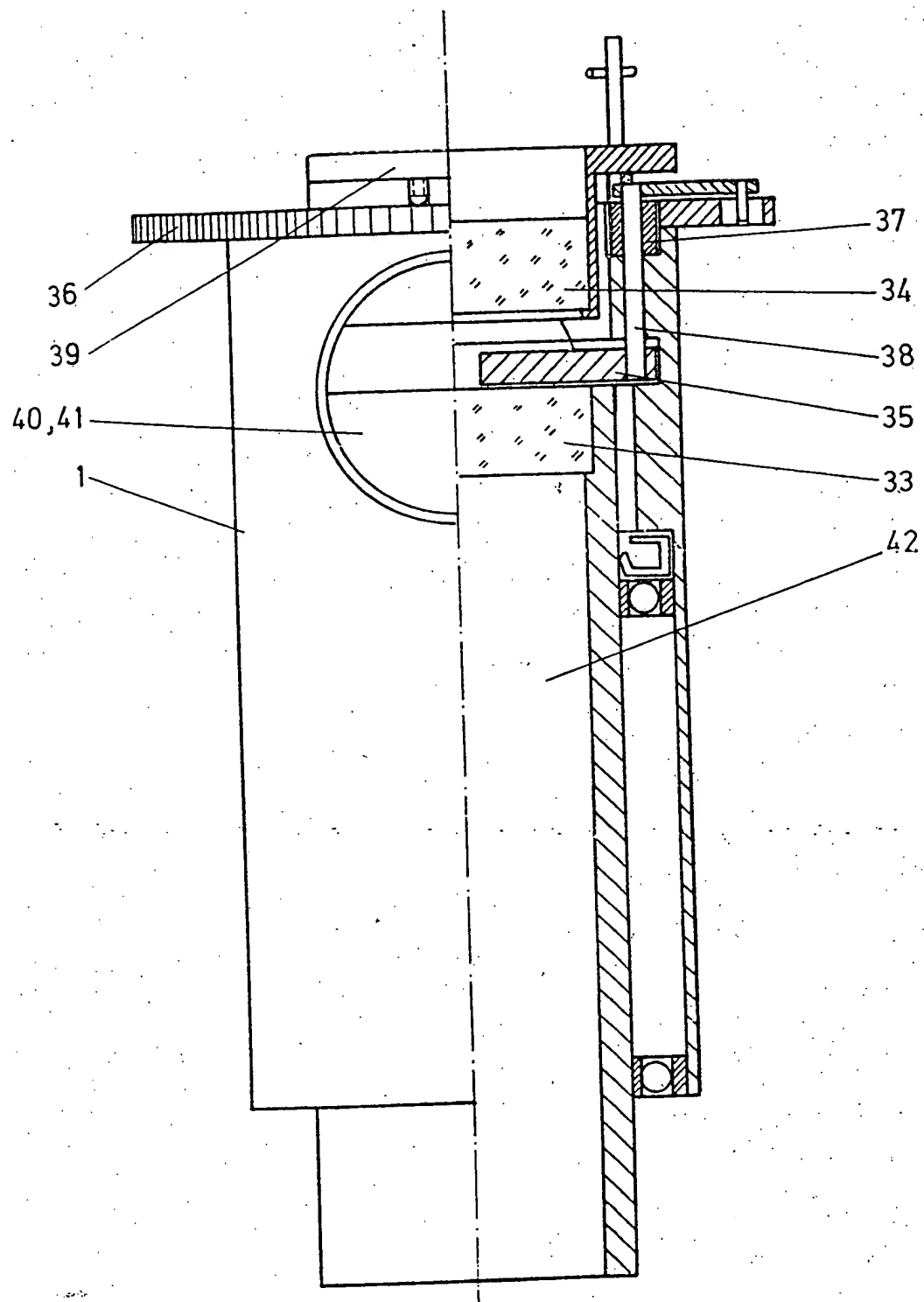


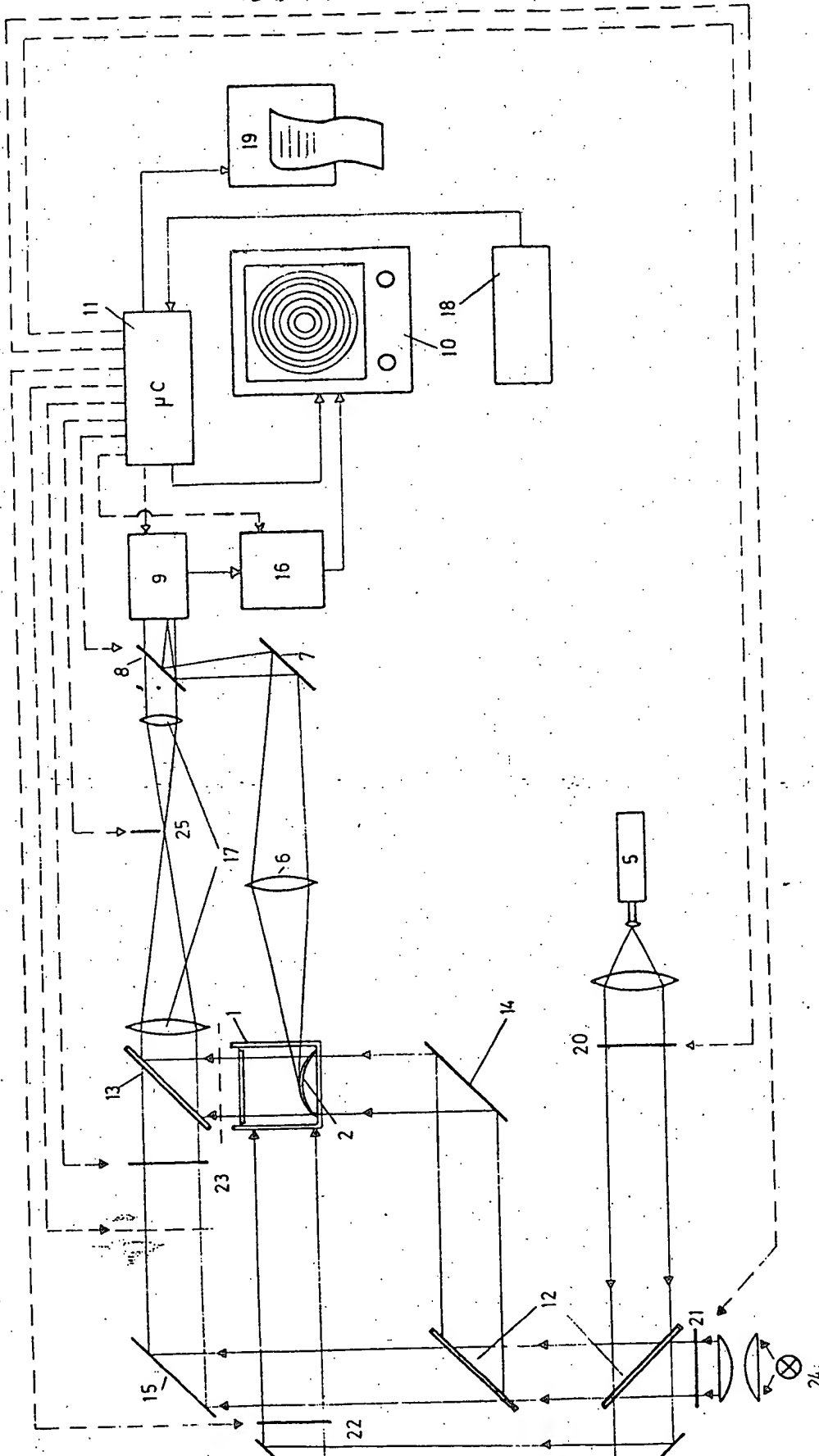
Fig. 4

-23-

3048558

Nummer:
Int. Cl.3:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

3048558
G 01 B 11/24
22. Dezember 1980
22. Juli 1982



LEXIKON der Optik

mit 505 Zeichnungen und 59 Tabellen

32 Farbtafeln und 8 Schwarzweißtafeln

Herausgegeben von

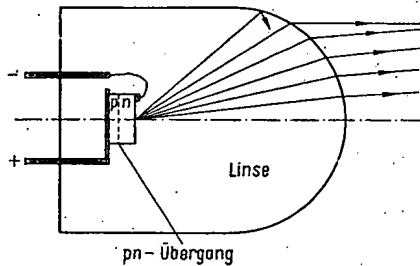
HEINZ HAFERKORN

VERLAG WERNER DAUSIEN · HANAU

(5.10.1864–6.6.1948) die Fotografie, insbes. die Farbfotografie. Sie erfanden 1895 den Kinetograph zur Aufnahme, Kopierung und Wiedergabe bewegter Bilder und 1907 die erste brauchbare Farbrasterplatte.

Luminalsignal, Leuchtdichtesignal: Fern-sehbildsignal, das der Helligkeit eines von einer Fernsehkamera aufgenommenen Objekts entspricht. Beim Schwarzweißfernsehen ist das L. das Bildsignal. Beim Farbfernsehen wird im \uparrow Farbcoder den Farbsignalen das L. beigemischt und auf diese Weise das FBAS-Signal erzeugt.

Lumineszenz: alle Arten der kalten Lichtemission, im Unterschied zur Temperaturstrahlung. Nach der zur Anregung verwendeten Energieform spricht man von Chemo-, Foto-, Elektro- oder Bio-L. S. a. Fluoreszenz, Phosphoreszenz.



Lumineszenzdiode mit Linse: Aufbau und Strahlungsausbreitung

Lumineszenzanalyse: eine Form der Spektralanalyse ohne Verdampfung der Probe, bei der bestimmte Stoffe anhand ihrer charakteristischen Lumineszenzeigenschaften nachgewiesen werden. Analyse anhand fotoangeregter \uparrow Fluoreszenz wird auch *Fluoreszenzanalyse* gen.

Lumineszenzdiode, Leuchtdiode, Lichtemitterdiode, LED [von light emitting diode]: Halbleiterbauelement zur nichtthermischen Lichterzeugung. Die L. besteht aus einem Halbleitermaterial mit direktem Bandübergang (z. B. GaAs), in dem ein pn-Übergang existiert. Durch einen Stromfluß in Durchlaßrichtung wird dieses Sperschichtgebiet mit Elektronen und Löchern angereichert, die miteinander rekombinieren. Die dabei frei werdende Energie wird in Form von Photonen abgestrahlt. L. sind wegen ihrer hohen Lebensdauer und guten Modulierbarkeit wichtige Bauelemente. Sie haben eine hohe

Quantenausbeute, wegen der Absorption im Halbleitermaterial, der Totalreflexion und der elektrischen Verluste aber eine geringe Lichtausbeute (0,2...0,5 lm/W). Abb.; s. a. IRED, Lichtwandler-LED.

Bei der *optischen Nachrichtenübertragung* werden L. als Sendebauelement verwendet. Typische Eigenschaften sind dabei: breite Abstrahlcharakteristik (hohe Koppelverluste, in Lichtwellenleiter eingestrahlte Leistung im μ W-Bereich), geringe Temperaturabhängigkeit der abgestrahlten Leistung, spektrale Breite des emittierten Lichtes etwa 30...40 nm für GaAlAs-L. (Betriebswellenlänge um 850 nm) und etwa 80...120 nm für InGaAsP-L. (Wellenlängenbereich 1,2 bis 1,6 μ m). Damit ist der Einsatz von L. nur mit \uparrow Multimoden-Lichtwellenleitern für digitale Signale niedriger Übertragungsgeschwindigkeit bzw. für analoge Signale niedriger Grenzfrequenz über relativ kurze Entfernungen zweckmäßig.

Lumineszenzfotografie: Erzeugung von Bildern mit der Lumineszenzstrahlung. Zur Anregung der Lumineszenzstrahlung in den dafür geeigneten Aufnahmeobjekten wird vor allem kurzwelliges sichtbares Licht und UV-Strahlung benutzt. Die Kameras dürfen keine UV-Durchlässigkeit und keine Eigenfluoreszenz der Objektive und der notwendigen UV-Sperrfilter aufweisen, was durch einen unbelichteten Film in der Kamera bei abgedecktem Objektiv und geöffnetem und geschlossenem Verschuß geprüft werden kann. Wegen der geringen Leuchtdichte der Objekte wird hochempfindliches Aufzeichnungsmaterial verwendet, das aber keine superpanchromatische Sensibilisierung haben darf, weil sonst die Durchlässigkeit der UV-Sperrfilter im langwelligen Bereich stört.

Lumineszenzmikroskope \uparrow Fluoreszenzmikroskopie.

Lumineszenzzelle: Bauelement zur Strahlungserzeugung mittels elektrischer Wechselfelder; besteht aus einem Kondensator mit lichtdurchlässigen Elektroden, der mit einem Dielektrikum gefüllt ist, das in einem elektrischen Wechselfeld auf Grund von \uparrow Elektrolumineszenz Strahlung emittiert. Wegen der guten Lichtausbeute und möglichem Netzbetrieb wird die L. zu Beleuchtungszwecken genutzt (*Leuchtkondensator*), wegen guter Modulierbarkeit auch in flachen Displays bzw. Bildschirmen. Abb. S. 220.